

**CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT**



#5

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 100 60 572.9

Anmeldetag: 6. Dezember 2000

Anmelder/Inhaber: Dr. Johannes Heidenhain GmbH, Traunreut/DE

Bezeichnung: Verfahren zur Funktionskontrolle einer Positions-
messeinrichtung und Positionsmesseinrichtung
zur Durchführung des Verfahrens

IPC: G 01 B 21/02

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprüng-
lichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 24. August 2001
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

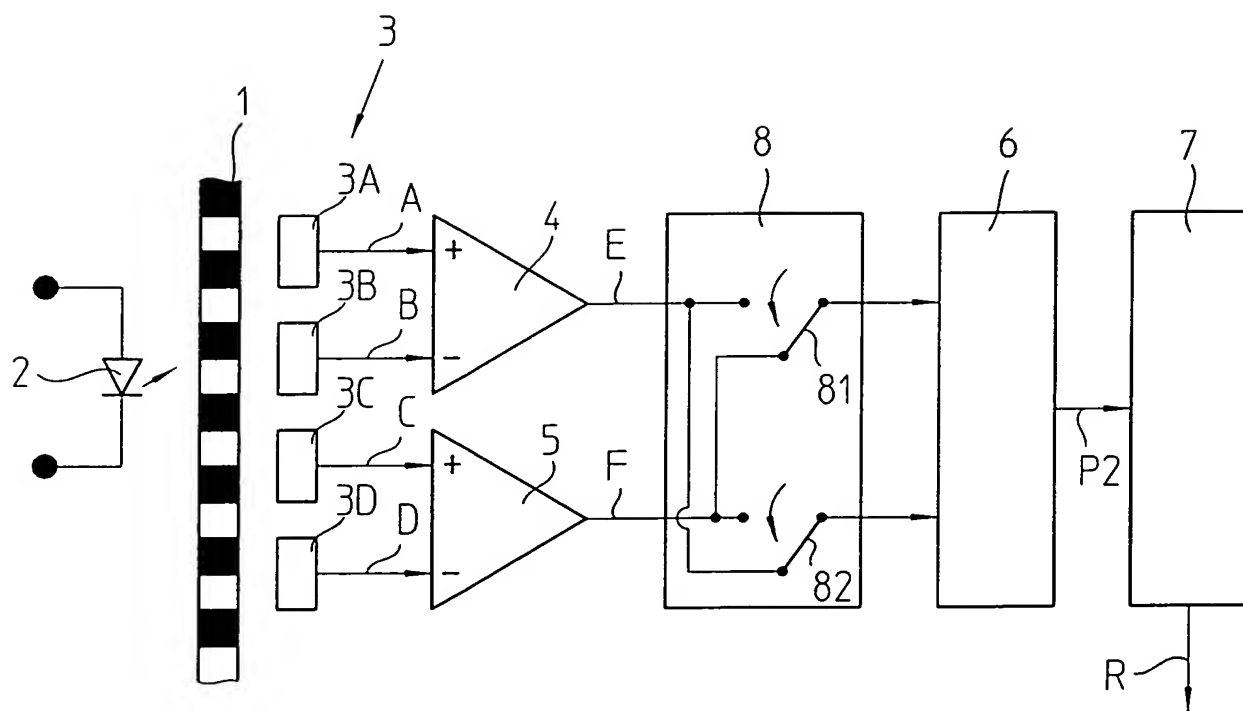
Brand

Zusammenfassung

Verfahren zur Funktionskontrolle einer Positionsmesseinrichtung und Positionsmesseinrichtung zur Durchführung des Verfahrens

=====

- Zur Funktionskontrolle einer inkrementalen Positionsmesseinrichtung wird aus den Abtastsignalen (A, B, C, D) durch Interpolation ein Positionsmesswert (P1) gebildet. Erfindungsgemäß wird in einem zweiten Schritt aus den vorhandenen Abtastsignalen (A, B, C, D) ein weiterer Positionsmesswert
- 5 (P2) synthetisch gebildet, indem der Interpolationseinheit (6) die Abtastsignale (A, B, C, D) in einer anderen Verknüpfung zugeführt werden. Die beiden Positionsmesswerte (P1, P2) werden miteinander verglichen und in Abhängigkeit des Vergleichsergebnisses wird ein Fehlersignal (R) abgegeben (Figur 1b).



Verfahren zur Funktionskontrolle einer Positionsmesseinrichtung und Positionsmesseinrichtung zur Durchführung des Verfahrens

=====

- Positionsmesseinrichtungen werden in Form von Winkel- und Längenmeseinrichtungen in der Werkzeugmaschinenindustrie und in anderen Fertigungs-, Handhabungs- und Prüfsystemen breit eingesetzt. Für alle Einsatzfälle gewinnt vermehrt eine hohe Funktionssicherheit an Bedeutung, da ein
- 5 Fehlbetrieb erhebliche Schäden hervorrufen kann. Es gibt bereits mehrere Lösungsvorschläge, um mittels Überwachungstests eine rechtzeitige Fehlererkennung der Positionsmesseinrichtung zu erhalten und damit Folgeschäden abzuwenden.
- 10 In der DE 28 25 842 C2 und der US 3,725,904 ist ein Verfahren sowie eine Einrichtung zur Überwachung der Richtigkeit des erfassten Positionsmesswertes beschrieben. Zur Abtastung einer Codierung bzw. Teilung sind zwei um einen vorgegebenen Abstand zueinander versetzt angeordnete Abtasteinheiten vorgesehen. Die zwei Positionsmesswerte der beiden Abtasteinheiten werden miteinander verglichen und eine Positions-
15 differenz gebildet. Diese gemessene Differenz der Positionsmesswerte wird mit der durch die geometrische Anordnung der Abtasteinheiten vorgegebene Solldifferenz

verglichen und in Abhängigkeit des Vergleichsergebnisses wird ein Fehler-signal ausgegeben.

5 Diese Maßnahme hat den Nachteil, dass eine redundante Abtasteinheit erforderlich ist, was die Baugröße und den Bauteileaufwand erhöht.

Bei der Positionsmesseinrichtung gemäß der DE 40 09 749 A1 ist zur Funktionskontrolle nur eine Abtasteinheit erforderlich. Die Abtasteinheit wird zur Durchführung des Prüfverfahrens um einen durch Anschläge fest vorgegebenen Weg verfahren und der dabei gemessene Weg wird mit dem durch die Anschläge vorgegebenen Weg verglichen. Bei einer Abweichung wird ein Fehlersignal erzeugt.

15 Der Nachteil dieser Maßnahme ist das Vorsehen von mechanischen Anschlägen und das Vorsehen eines zusätzlichen Antriebs, was die Baugröße erheblich vergrößert.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein Verfahren zur Funktionskontrolle einer Positionsmesseinrichtung anzugeben, das einfach durchführbar ist und das die Baugröße der Positionsmesseinrichtung nicht bzw. nur unwesentlich vergrößert.

25 Diese Aufgabe wird durch das im Anspruch 1 angegebene Verfahren gelöst. Die Positionsmesseinrichtung zur Durchführung des Verfahrens ist im Anspruch 5 angegeben.

Durch die erfindungsgemäßen Maßnahme kann auf einfache Weise eine Fehlfunktion der Detektorelemente der Abtasteinheit sowie Fehlfunktionen der elektrischen Bauteile in den einzelnen Abtastkanälen, insbesondere der Verstärker und Trigger erkannt werden.

Vorteilhafte Ausbildungen der Erfindung entnimmt man den abhängigen Ansprüchen.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden anhand der Zeichnungen näher erläutert.

Es zeigen

5

Figur 1a ein erstes Ausführungsbeispiel einer Positionsmesseinrichtung in einem ersten Kontrollzustand,

10

Figur 1b die Positionsmesseinrichtung gemäß Figur 1a in einem zweiten Kontrollzustand;

Figur 2a eine weitere Positionsmesseinrichtung in einem ersten Kontrollzustand und

15

Figur 2b die weitere Positionsmesseinrichtung in einem zweiten Kontrollzustand.

20 In den Figuren 1a und 1b ist ein erstes Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt. Die Positionsmesseinrichtung besteht aus einer lichtelektrisch abtastbaren Teilung 1, die von einer Lichtquelle 2 beleuchtet wird und von einer Abtasteinheit 3 zur Erzeugung von positionsabhängigen elektrischen Abtastsignalen A, B, C, D abgetastet wird. Die Teilung 1 ist eine inkrementale, also periodische Markierung, so dass das von der Lichtquelle 2 ausge-

25 sandte Licht periodisch moduliert auf gegeneinander versetzt angeordnete Detektorelemente 3A, 3B, 3C, 3D der Abtasteinheit 3 trifft und analoge sinusförmige Abtastsignale $A = a + \sin\alpha$; $B = a - \sin\alpha$; $C = a + \cos\alpha$; $D = a - \cos\alpha$ erzeugt werden. In bekannter Weise sind die periodischen Abtastsignale A, B, C, D gegeneinander jeweils um 90° phasenverschoben, mit der

30 Phasenlage $A = 0^\circ$, $B = 180^\circ$, $C = 90^\circ$, $D = 270^\circ$.

Zur Eliminierung des Gleichlichtanteils a sind die gegenphasigen Abtastsignale A, B und C, D jeweils in Differenz geschaltet, wozu Differenzverstärker 4, 5 vorgesehen sind, an deren Ausgang die Differenzsignale $E = A - B =$

sina und $F = C - D = \cos a$ anstehen. Diese Differenzsignale E und F werden einer Auswerteeinheit in Form einer Interpolationseinheit 6 zugeführt, welche aus der Phasenlage der Differenzsignale E, F in bekannter Weise einen absoluten Positionsmesswert P1 innerhalb einer Periode der periodischen Differenzsignale E, F bildet und diesen in einer Vergleichseinrichtung 7 abspeichert. Dieser Betrieb der Positionsmesseinrichtung ist in Figur 1a dargestellt.

Der absolute Positionsmesswert P1 wird in der Interpolationseinheit 6 beispielsweise nach der Beziehung $P1 = \arctan E/F$ berechnet. Die Interpolation kann aber auch durch Auslesen von Tabellenwerten erfolgen.

Zur Funktionskontrolle der Positionsmesseinrichtung ist der Interpolationseinheit 6 eine Umschalteneinrichtung 8 vorgeschaltet, welche die Differenzsignale E, F vertauscht an die Interpolationseinheit 6 anlegt. Dieser Zustand ist in Figur 1b dargestellt. In diesem Zustand bildet die Interpolationseinheit 6 einen zweiten absoluten Positionsmesswert P2 innerhalb einer Periode der periodischen Differenzsignale E, F nach der Beziehung $P2 = \arctan F/E$. Dieser zweite Positionsmesswert P2 ist also sozusagen ein synthetisch erzeugter Positionsmesswert P2, der nach einer vom eigentlichen Messbetrieb gemäß Figur 1a abweichenden Verknüpfungsregel der Abtastsignale A, B, C, D erzeugt wird. Auch dieser Positionsmesswert P2 wird der Vergleichseinrichtung 7 zugeführt und dort abgespeichert.

In der Vergleichseinrichtung 7 werden beide Positionsmesswerte P1 und P2 miteinander verglichen und auf Sollabstand geprüft. Im erläuterten Beispiel muss bei korrekter Betriebsweise $P2 = P1 - T/4$ sein, mit $T = \text{Signalperiode}$ der Differenzsignale E, F. Wird eine Signalperiode (360°) beispielsweise in 256 gleiche Teile unterteilt (Interpolationsfaktor = 256), dann muss bei einem fehlerfreien Betrieb aller Bauelemente, die zur Erzeugung der Abtastsignale A, B, C, D sowie E, F beitragen der Vergleich $P2 = P1 - 64$ ergeben. Liegt dieses Vergleichsergebnis nicht innerhalb eines vorgegebenen Toleranzbereiches, wird ein Fehlersignal R abgegeben.

Der Vorteil der Erfindung ist, dass eine Funktionskontrolle im Stillstand, das heißt ohne Relativbewegung zwischen der Teilung 1 und der Abtasteinheit 3 möglich ist. In die Funktionskontrolle sind alle Bauelemente der einzelnen Abtastkanäle zur Erzeugung der einzelnen Abtastsignale A, B, C, D, E, F sowie auch die Interpolationseinheit 6 mit einbezogen.

In den Figuren 2a und 2b ist ein zweites Ausführungsbeispiel dargestellt. Figur 2a zeigt die Positionsmesseinrichtung im normalen Messbetrieb wie gemäß Figur 1a. Im Unterschied zum ersten Ausführungsbeispiel ist beim zweiten Ausführungsbeispiel die Umschalteneinrichtung 8 vor den Differenzverstärkern 4, 5 angeordnet, und die Schalter 81, 82 dienen dazu, um in einem zweiten Zustand die Abtastsignale A und D dem ersten Differenzverstärker 4 zuzuführen, so dass an dessen Ausgang das Differenzsignal $A - D = G$ ansteht und die Abtastsignale C und A dem zweiten Differenzverstärker 5 zuzuführen, so dass an dessen Ausgang das Differenzsignal $C - A = H$ ansteht. In diesem Zustand bildet die Interpolationseinheit 6 einen zweiten absoluten Positionsmesswert P3 innerhalb einer Periode der periodischen Differenzsignale G und H nach der Beziehung $P3 = \arctan G/H$. Dieser zweite Positionsmesswert ist der synthetisch erzeugte Positionsmesswert P3, der nach einer vom eigentlichen Messbetrieb abweichenden Verknüpfungsregel der Abtastsignale A, B, C, D erzeugt wird.

In der Vergleichseinrichtung 7 werden beide Positionsmesswerte P1 und P3 miteinander verglichen und auf Sollabstand geprüft. In diesem zweiten Beispiel muss bei korrekter Betriebsweise $P3 = P1 - T/8$ sein, mit T = Signalperiode der Differenzsignale G und H. Wird eine Signalperiode (360°) beispielsweise in 256 gleich große Teile unterteilt, dann muss bei einem fehlerfreien Betrieb aller Bauelemente, die zur Erzeugung der Abtastsignale A, B, C, D sowie G und H beitragen der Vergleich $P3 = P1 - 32$ ergeben.

Das Verfahren zur Funktionskontrolle erfolgt vorzugsweise während der Inbetriebnahme der Positionsmesseinrichtung, es kann aber auch während des Messbetriebes erfolgen, und zwar in Zeiträumen, in denen von einer externen Folgeelektronik keine Positionsmesswerte zur Positionierung eines

Maschinenteils angefordert werden. Die erfindungsgemäße Funktionskontrolle erfolgt vorzugsweise innerhalb der Positionsmess-einrichtung.

Bei allen Ausführungsbeispielen können anstelle analoger Abtastsignale A
5 bis H auch digitalisierte Abtastsignale zur Funktionskontrolle dienen.

Zur Erläuterung der Funktionsweise der Erfindung ist die Umschalt-einrichtung 8 mit diskreten Schaltern 81, 82 dargestellt. In der Praxis wird diese Umschalt-einrichtung 8 als Software Bestandteil der Interpolationseinheit 6
10 sein.

Die Erfindung ist nicht auf die beschriebenen lichtelektrischen Positionsmesseinrichtungen beschränkt, sie ist auch bei magnetischen, induktiven sowie kapazitiven Längen- sowie Winkelmesseinrichtungen einsetzbar. Die
15 Erfindung ist nur anhand der Abtastung einer Teilung 1 erörtert. Sie kann selbstverständlich auch bei mehrspurigen absoluten Positionsmesseinrichtungen eingesetzt werden, wobei jede Spur eine periodische Teilung darstellt und die Abtasteinheiten der einzelnen Teilungsspuren gemäß der Erfindung geprüft werden.

20

Patentansprüche

=====

1. Verfahren zur Funktionskontrolle einer Positionsmesseinrichtung mit einer relativ zu einer Teilung (1) verschiebbaren Abtasteinheit (3), wobei die Abtasteinheit (3) mehrere Detektorelemente (3A, 3B, 3C, 3D) besitzt und an einer momentanen Relativlage zwischen Teilung (1) und Abtasteinheit (3) mehrere Abtastsignale (A, B, C, D) erzeugt, wobei das Verfahren folgende Verfahrensschritte aufweist:
 - Bildung eines ersten Positionsmesswertes (P1) aus den Abtastsignalen (A, B, C, D) nach einer ersten Verknüpfungsregel;
 - Bildung eines zweiten Positionsmesswertes (P2; P3) aus den Abtastsignalen (A, B, C, D) nach einer zweiten von der ersten abweichenden Verknüpfungsregel;
 - Vergleich des ersten Positionsmesswertes (P1) mit dem zweiten Positionsmesswert (P1, P2; P1, P3) und
 - Erzeugen eines Fehlersignals (R) in Abhängigkeit des Vergleichsergebnisses.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Abtasteinheit (3) vier um jeweils 90° gegeneinander phasenverschobene Abtastsignale

$$A = a + \sin \alpha$$

5 $B = a - \sin \alpha$

$$C = a + \cos \alpha$$

$$D = a - \cos \alpha \text{ erzeugt.}$$

- 10 3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Positionsmesswert (P1) nach folgender Verknüpfungsregel gebildet wird:

$$P1 = \arctan \frac{A - B}{C - D}$$

- 15 und dass der zweite Positionsmesswert (P2) nach folgender Verknüpfungsregel gebildet wird:

$$P2 = \arctan \frac{C - D}{A - B}$$

- 20 4. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Positionsmesswert (P1) nach folgender Verknüpfungsregel gebildet wird:

$$P1 = \arctan \frac{A - B}{C - D}$$

- 25 und dass der zweite Positionsmesswert (P3) nach folgender Verknüpfungsregel gebildet wird:

$$P3 = \arctan \frac{A - D}{C - A}$$

5. Positionsmesseinrichtung mit

- einer relativ zu einer Teilung (1) verschiebbaren Abtasteinheit (3), wobei die Abtasteinheit (3) mehrere Detektorelemente (3A, 3B, 3C, 3D) besitzt, um an einer momentanen Relativlage zwischen Teilung (1) und Abtasteinheit (3) mehrere Abtastsignale (A, B, C, D) zu erzeugen;
5
- einer Auswerteeinheit (6) an der die Abtastsignale (A, B, C, D) anliegen und die aus den Abtastsignalen (A, B, C, D) einen Positionsmesswert (P1) nach einer ersten Verknüpfungsregel und einen Positionsmesswert (P2; P3) nach einer zweiten Verknüpfungsregel bildet;
10
- einer Vergleichseinrichtung (7), der die nach der ersten und zweiten Verknüpfungsregel gebildeten Positionsmesswerte (P1, P2; P3) zugeführt sind und die beide Positionsmesswerte (P1, P2; P1, P3) vergleicht und in Abhängigkeit des Vergleichsergebnisses ein Fehlersignal (R) erzeugt.
15

6. Positionsmesseinrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinheit eine Interpolationseinheit (6) ist.

20

FIG. 1a

1/2

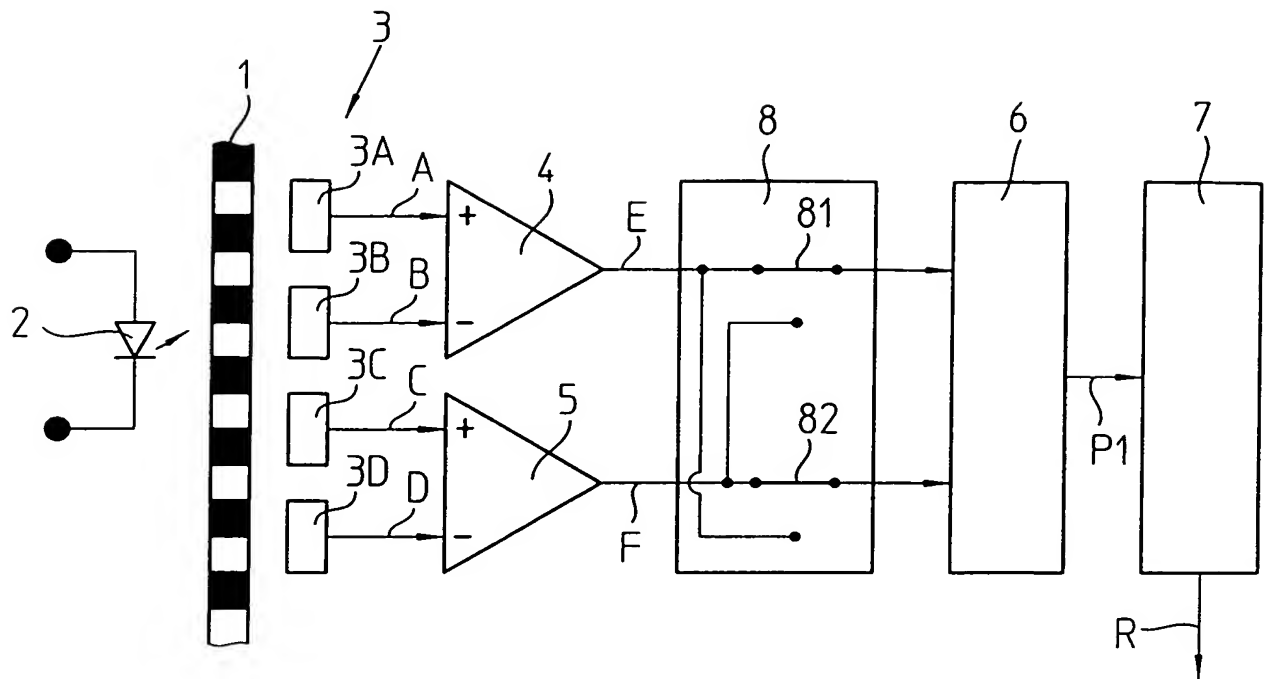


FIG. 1b

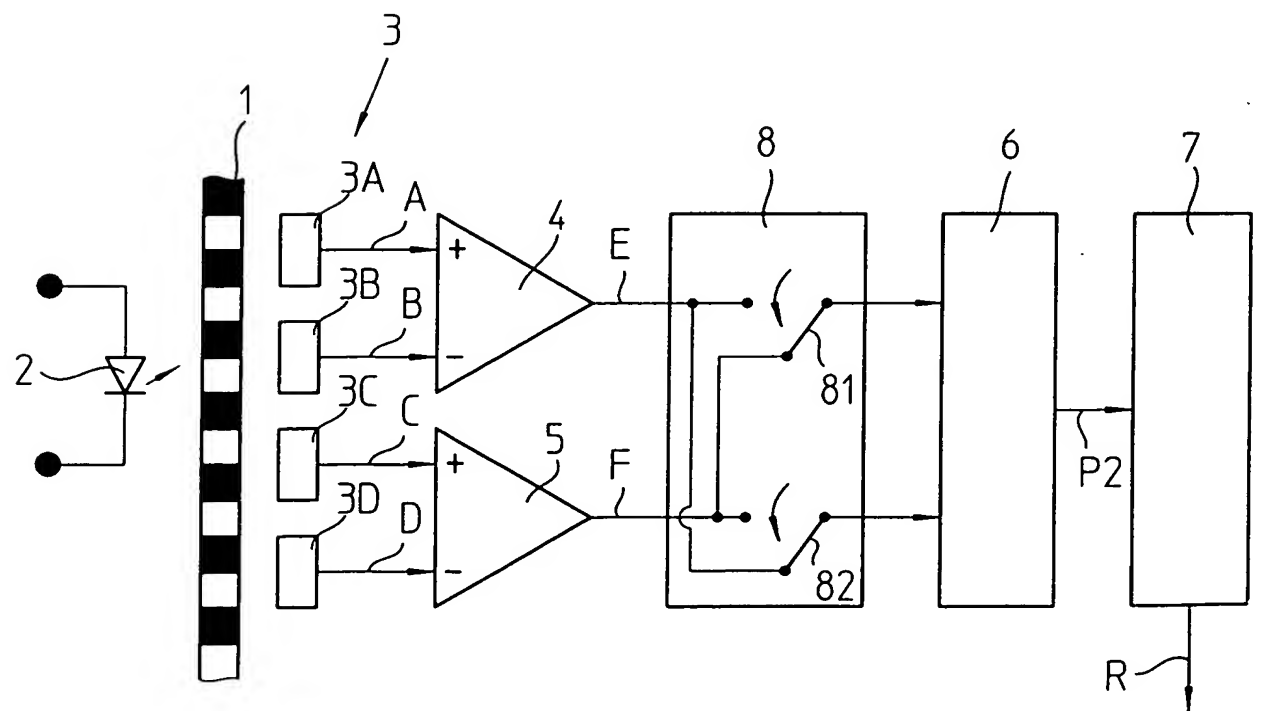


FIG. 2a

2/2

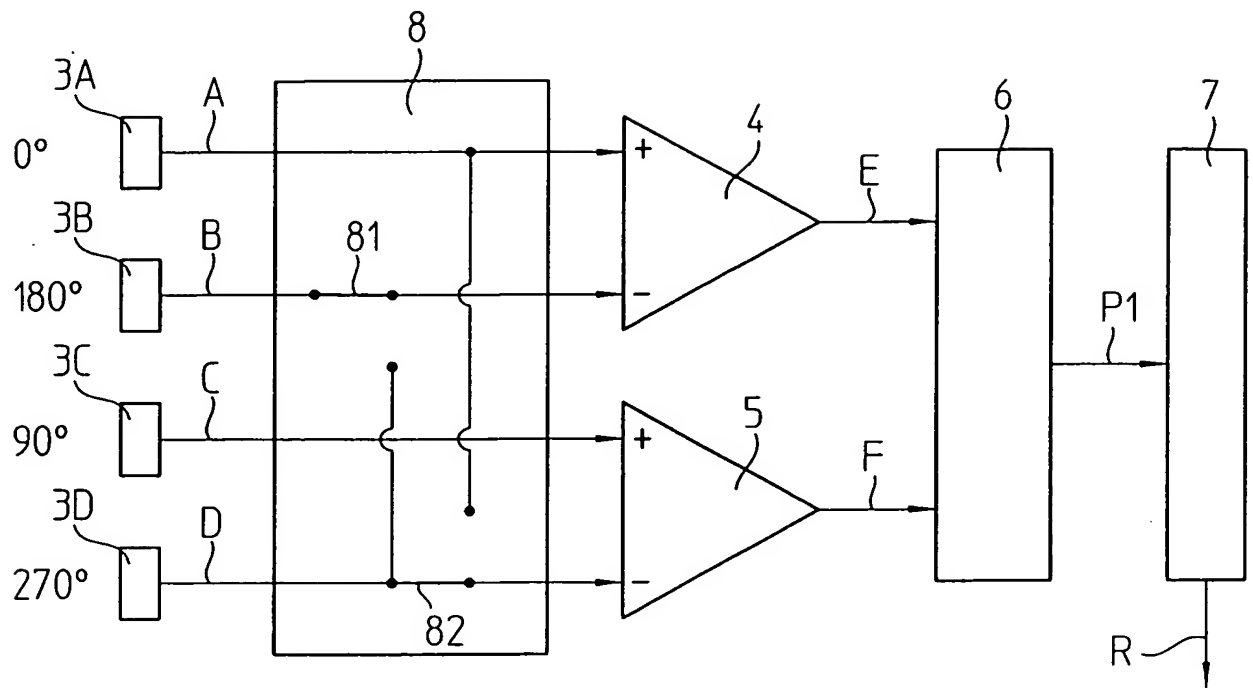


FIG. 2b

